

高分解能衛星画像を用いた高精度標高変化抽出による広域斜面災害の規模分析法

－ 新潟県中越地震への適用 －

正会員 ○筒井健^{1,2} 宮崎早苗¹ 六川修一² 中川英朗³ 貝阿弥隆¹

(1) (株) NTT データ, (2) 東京大学大学院 工学系研究科, (3) 九州電力(株)

1. はじめに

2004年10月23日に新潟県中越地方で最大M6.8に及ぶ内陸直下型の大地震（2004年新潟中越地震）が発生した。この地震に伴い、新潟県小千谷市、山古志村を中心とした東山丘陵で1,000箇所以上の地すべり・崩壊が発生し甚大な被害を与えた¹⁾²⁾。現在、中越地方の二次的斜面災害への対策、および国土に数多くの斜面災害危険地域を抱える我が国の“安全、安心の社会”の実現に向けて、斜面災害の要因分析およびその分析手法に関して多くの研究が進められている。

今までに筆者らは、高分解能衛星画像からの高精度DEMデータの自動抽出手法を開発し、斜面災害への適用法を検討してきた³⁾⁴⁾。その結果、2.5m分解能の衛星画像を利用した場合には、約3-5m誤差で急斜面地形の標高算出が可能であった。

本研究では、上記の高精度DEMデータの応用として、斜面災害前後のDEMデータ変化抽出に基づく、定量的な災害箇所の検出および災害規模の分析法を提案する。中越地震に伴う斜面災害を分析対象として適用性を検証した。震災2ヶ月前と、災害直後に中越地域を撮影した2組の衛星ステレオペア画像を用いて、災害前後のDEMデータを抽出した。そして、DEMデータの標高値変化を解析する事で斜面災害規模の推定を試みた。

2. DEMデータ

震災2ヶ月前の2004年8月と震災直後の2004年11月に取得した2組のSPOT5衛星ステレオペア画像（分解能：2.5m）を用いて、ステレオ幾何学解析に基づくデジタル画像処理³⁾⁴⁾により、東山丘陵（範囲：約15×20km）の震災前後の5mメッシュDSMデータとDEMデータを抽出した。DSMデータは樹木高さを含んだ地表高さ値であり、DEMデータは樹木高さを補正した地面標高値である。高さ誤差は、航空レーザ測量データとの精度検証の結果、DEMデータについて約4-5m（RMS）、DSMデータについて約6m（RMS）であった。

3. 標高変化抽出に基づく斜面災害規模の推定

3.1 標高変化抽出処理

災害前後の5mメッシュDEMデータ、DSMデータを用いて、災害前後の標高変化を5mメッシュ間隔で計算した。処理の概要は次の通りである。まず、樹木高さを含むDSMデータを用いて、震災前後の高さ値の差分処理により斜面災害に伴う地形変化域を抽出する。そして、樹高を含まない地面の標高変化値を計測するため、抽出した地形変化域においてDEMデータによる標高値の差分処理を行い、標高変化図を作成する。図1に中越地震の標高変化図（芋川流域の拡大）を示す。

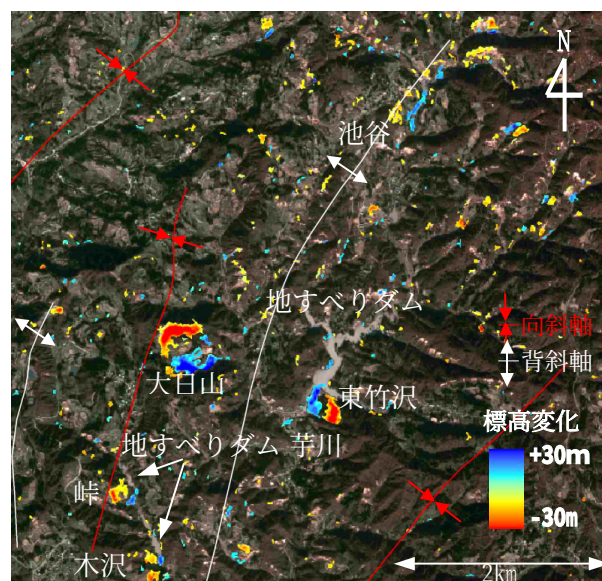


図1. 中越地震における標高変化図抽出結果（芋川流域）

3.2 斜面災害域の検出

標高変化図によって、斜面災害域は斜面上の移動土塊の発生部分で一方方向の標高変化、移動土塊の堆積部分で+方向の標高変化として検出された。最も集中して標高変化が抽出された領域は東山丘陵の中央部に位置する芋川流域であった。斜面移動が大きな面積規模の一方方向と+方向の標高変化の組み合わせとして検出された。また芋川流域以外では、解析対象の中央西部に位置する朝日山、白岩、小栗山近辺の領域で多くの標高変化箇所が抽出された。

提案手法による斜面災害の検出精度を検証するため、空中写真判読と現地調査の両方法により確認された大規模な斜面災害箇所（計 23 箇所）¹⁾²⁾と比較を行った。その結果、斜面災害の種別が“地すべり”および“崩壊”である検証箇所については、部分検出も含めて全ての箇所が検出された。しかしながら斜面災害の種別が“谷埋め堆積物の流動”の検証箇所は、全箇所が未検出であった。

表 1. 提案手法による大規模斜面災害の検出精度

斜面災害の種別	精度%（検出箇所/検証箇所）
地すべり	100%（16/16*）
斜面崩壊	100%（4/4*）
堆積物の流動	0%（0/3）

* 地すべりの1箇所、崩壊の2箇所は部分検出であった。

3.3 斜面災害規模の推定

本研究では、災害規模を表す項目として“最大標高変化、標高変化面積、標高変化体積”の各項目について計算を行った。標高変化面積、体積の定義は、標高変化が生じた領域の面積および体積を意味している。従って、地すべり・崩壊に含まれる標高変化が生じない領域の移動土塊については考慮しないため、実際の移動土塊量よりも少なく見積もられる。斜面災害の規模を一つの指標として表したものである。

計算の結果、東山丘陵全体でおよそ 25,000,000m³規模の標高変化体積が検出された（表 2）。最大の標高変化体積が観測されたのは大日山北方の地すべりであった。南方位の斜面上で一方向に最大 55m、面積約 77,000m²、体積約-1,700,000m³の標高変化が検出され、土塊の移動方向で最大+47m、面積約 64,000m²、体積約+1,300,000m³の標高変化が検出された。

表 2. 中越地震に伴う斜面災害の規模推定結果

標高変化 方向	最大標高 変化(m)	標高変化面積 (m ²)	標高変化体積 (m ³)
—	-55	1,323,000	-15,509,000
+	47	775,000	10,764,000

3.4 斜面災害箇所の地形的特徴

斜面災害箇所の地形特徴について、DEM データから算

出した災害前斜面傾斜角、崩壊発生方位を用いて分析した。崩壊発生方位は、南東を中心とする方位に特に発生割合が高い傾向があった。これは地層の流れ盤方位と概ね一致している（図 1）。傾斜角度は 10-50°の幅広い角度域で災害が発生し、20-30°の傾斜角度で割合が高い傾向があった（図 2）。なお、対象地域全体の傾斜角度分布と差分比較したところ、傾斜角度が大きいほど発生割合が高い傾向があった。

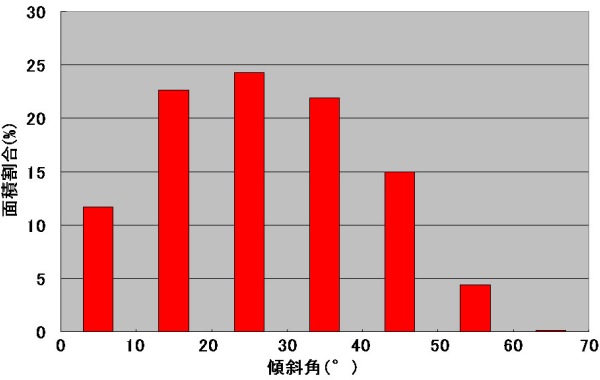


図 2. 斜面災害と傾斜角度の関係（面積割合）

4. まとめ

本研究では、衛星画像を用いた高精度標高変化抽出処理による斜面災害規模の定量分析手法を提案した。中越地震へ適用を行い、大規模地すべり・崩壊への適用性を検証した。最大で約±50mの標高変化を検出し、合計およそ 25,000,000m³規模の標高変化体積を推定した。現在、中小規模の斜面災害への適用に向けた性能向上を進めている。今後は、本手法の斜面災害の事前評価への展開を行っていく。

【参考文献】

[1] 八木浩司, 山崎考成, 守岩勉:2004 年新潟県中越地震にともなう地すべり・崩壊分布図 -その特徴と詳細判読事例 -, 日本地すべり学会・日本応用地質学会 平成 16 年新潟県中越地震災害被害調査報告会講演集, pp.3-11, 2004.

[2] 千木良雅弘(2005):中越地震による斜面災害の地質・地形的特徴, 日本地すべり学会・日本応用地質学会 平成 16 年新潟県中越地震災害被害調査報告会講演集, pp.12-21, 2004.

[3] 筒井健, 宮崎早苗, 貝阿弥隆, 中村佳正, 六川修一:ステレオ画像解析による SPOT5 HRG 画像からの自動 DEM 抽出と性能評価, 日本リモートセンシング学会第 36 回学術講演会論文集, pp.75-76, 2004.

[4] 筒井健, 中川英朗, 白石貴司, 宮崎早苗, 六川修一:人工衛星画像を用いた地形標高抽出手法の斜面災害への適用検討, 土木学会リアルタイム災害情報検知とその利用に関するシンポジウム論文集, pp.43-48, 2004.